

УДК 656.13.05

# ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ДИНАМІКУ ПРОЇЗДУ ПЕРЕХРЕСТЬ

Є.Ю. Формальчик

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

Контактний тел.: 097-463-33-64

E-mail: yevgen.fornaltchyk@gmail.com

В.В. Гілевич

Асистент\*

\*Кафедра транспортних технологій

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 32, м. Львів, Україна, 79013

Контактний тел.: 097-749-27-35

E-mail: hilevych\_vv@mail.ru

*Показано вплив зносу деталей циліндро-поршневої групи двигунів на зменшення тягової сили на ведучих колесах автомобіля, що супроводжує зниження динаміки проїзду ним перехрестя. На підставі цього запропоновано коректувати тривалість світлофорного циклу*

*Ключові слова: двигун, крутний момент, тягова сила, перехрестя, світлофорний цикл*

*Показано влияние износа деталей цилиндро-поршневой группы двигателей на уменьшение тяговой силы на ведущих колесах автомобиля, сопровождаемое снижением динамики проезда им перекрестка. На основании этого предлагается корректировать продолжительность светофорного цикла*

*Ключевые слова: двигатель, крутящий момент, тяговое усилие, перекресток, светофорный цикл*

*Here is shown the influence of detail demolition of the cylinder-piston group of engines on reduction of the traction force on leading wheels of car, that accompany a reduction of the dynamics of the passage the intersection by it. By reason of this is suggested to correct the duration of the traffic lights cycle*

*Key words: engine, torque, traction force, intersection, traffic lights cycle*

## 1. Вступ

Всезростаюча тенденція рівня автомобілізації має не тільки позитивні сторони, але й невпинно породжує важкі до розв'язання проблеми. У першу чергу, пов'язані з організацією дорожнього руху, передовсім у містах. Це стосується, зокрема, росту затримок транспортних засобів (ТЗ) під час проїзду регульованих і нерегульованих перехресть. Зрослі інтенсивності транспортних потоків (ТП) різної структури під час руху по вже вдосконаленій вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста призводять до утворення в часи «пік» заторів. Результати спеціальних досліджень у великих містах переконливо доказують, що приблизно 30% ТЗ, які заповнюють щоденно ВДМ, простоюють у транспортних заторах з тривалістю від 0,5 до 1,5 год [1].

Значна частка «вини» у цьому припадає на регульовані перехрестя. Неадекватно обґрунтована тривалість світлофорного циклу зумовлює видовження затримок ТЗ перед перехрестями, утворення надто великих черг перед ними, які провокують, зрештою, затори. На тривалість світлофорного циклу впливають декіль-

ка визначальних чинників: складність перехрестя, інтенсивність транспортних потоків та їх структура. Остання характеризує наявність у потоках різних видів ТЗ (легкові, вантажні різної вантажності, автобуси різних типів, тролейбуси тощо), кожен з яких володіє різними динамічними характеристиками. У розрахунках світлофорних циклів використовують зведені до легкового автомобіля (правда, не відомо, до якого – з якими габаритами, об'ємами циліндрів двигунів тощо) різні види ТЗ. При цьому коефіцієнти зведення враховують лише динамічні габарити їх, на які впливають, звісно, динамічні характеристики ТЗ. Існують і рекомендовані значення коефіцієнтів коректування коефіцієнтів зведення [2], які враховують тип і якість дорожніх покриттів.

## 2. Аналіз досліджень і публікацій

На сьогодні відомі різні підходи до визначення коефіцієнта зведення до легкового автомобіля, які можна звести до двох: ті, що застосовуються у дослідженнях ТП на перегонах між перехрестями і ті, що

використовують у розрахунках світлофорних циклів регульованих перехресть з різними типами перетинів вулиць [3].

Числові значення коефіцієнта для перегонів «узаконені» у СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», а в Україні наводяться у ДБН 2.3-4-2007 «Автомобільні дороги» з деякими відмінностями між ними. Їх використовують у різноманітних дослідженнях, пов'язаних з проектуванням (вдосконаленням) ВДМ, організацією та регулюванням дорожнього руху, проїзду ТЗ перехресть тощо. Для різних типів ТЗ вони лежать у межах 0,5-3,0 (мотоцикл – автобус). Водночас дослідники Врубель Ю.А. (Республіка Білорусь) та Сосін Я. (Республіка Польща) отримали майже однакові значення коефіцієнтів зведення, які відрізняються від СНиПівських, зокрема щодо мотоциклів та вантажних автомобілів (у них 0,6-1,6, СНиП 0,5-2,0), щодо автобусів – тролейбусів, відповідно – 1,7-2,0 та 3,0 (для тролейбусів не передбачено). Відомі також результати досліджень коефіцієнтів зведень у Німеччині, США, Англії. Вебстер Ф.В., наприклад, оцінює цей коефіцієнт у межах 0,33-2,25; Бренстон Д. – 0,15-1,68; американські дослідники пропонують опосередковане значення його на рівні 2,0.

Докладний аналіз, отриманих різними дослідниками, значень коефіцієнта зведення для проїзду ТП через регульовані перехрестя дав змогу диференціювати їх за різними типами ТЗ й порівняти з нормованими у ДБН 2.3-4-2007. Розходження між ними є і, крім цього, український документ передбачає різні типи мотоциклів, більш подрібнену диференціацію вантажних автомобілів та автопоїздів, а також колісні трактори з причепами. В результаті коефіцієнт зведення для різних типів ТЗ може знаходитися у межах 0,5-6,0.

Очевидно, що такий поділ матиме безпосередній вплив на сумарне значення коефіцієнта зведення для ТП, у складі якого є такі типи ТЗ, зрештою відобразиться на адекватнішій тривалості світлофорного циклу.

Пропонуються [4] до використання і коефіцієнти зведення за величиною економічних втрат від затримок, зупинок, перепробігів ТЗ, а також за динамічними характеристиками ТЗ (тривалість проїзду стоп-лінії після увімкнення дозвільного сигналу світлофора). Значення цих трьох різновидів коефіцієнтів зведення відрізняються між собою. Наприклад [4], для вантажних автомобілів цей коефіцієнт за динамічним габаритом рівний 2,0, за динамічними характеристиками – 1,4, а за економічними втратами – 1,7; для автобусів, відповідно 3,0; 2,0; 8,0.

### 3. Формулювання задачі досліджень

Не зважаючи на отримані, так звані, остаточні значення коефіцієнтів зведення до легкового автомобіля для ТП, який проїжджає регульоване перехрестя, залишається відкритим питання, для автомобілів, з яким технічним станом визначені ці коефіцієнти. Адже динамічні габарити їх не постійні (без врахування швидкості руху) – погіршується технічний стан і в результаті знижуються показники тягової та гальмової динамічності. Отже, актуалізу-

ється потреба у розв'язанні задачі щодо встановлення такого впливу, на прикладі тягової динамічності вантажних ТЗ.

### 4. Основна частина

Відчутне погіршення показників тягової динамічності з ростом кумулятивних пробігів у значній мірі характерне для вантажних автомобілів (особливо завантажених) через несвоєчасне виконання ремонтів, у першу чергу двигунів. Це, зокрема, стосується ремонту деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ), якою забезпечується якісне проходження робочих процесів згоряння паливної суміші та отримання відповідної потужності двигунів. Якщо ці деталі зношені, то двигун не видає номінальної ефективної потужності, в результаті чого знижується крутний момент на колінчастому валу та тягові зусилля на ведучих колесах ТЗ. Це знижує його динаміку, вдовжує процес старту при увімкненні дозвільного сигналу світлофора, зменшує швидкість проїзду перехрестя.

Нехай значення тиску у циліндрах нового двигуна ЗМЗ-53 автомобіля ГАЗ-53А на такті стиску на підході поршня до в.м.т. у мить, коли зайнялася паливна суміш, становить  $p_c = 2,2$  МПа. Автомобіль такої марки, який прослужив, наприклад, 5 років (на одометрі 250 тис.км), зі зношеними робочими поверхнями гільз циліндрів, бокових поверхонь поршнів та компресійних кілець (в т.ч. знизилась і їх пружність), виміряна компресія на цьому ж такті  $p_{c.в} = 1,8$  МПа. З урахуванням зміни в результаті зносів середнього індикаторного тиску  $p_i = 0,85$  МПа та з урахуванням постійності тиску механічних втрат  $p_m = 0,17$  МПа (оскільки швидкість поршнів незмінна), отримуємо ефективний тиск у двигуна зі зношеними деталями ЦПГ

$$p_e = p_i - p_m = 0,85 - 0,17 = 0,68 \text{ МПа} \quad (1)$$

У такому разі зношений чотиритактний ( $\tau = 4$ ) бензиновий двигун вантажного автомобіля з робочим об'ємом циліндрів  $V_h = 4,25$  дм<sup>3</sup> та з максимальною частотою обертання колінчастого валу  $n = 3200$  хв<sup>-1</sup>, розвиватиме таку ефективну потужність [5]:

$$N_{e.зн} = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0,68 \cdot 4,25 \cdot 3200}{30 \cdot 4} = 71,69 \text{ кВт} \quad (2)$$

Крутний момент на валу цього двигуна становитиме [5]:

$$M_{кр.зн} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_{e.зн}}{\pi \cdot n} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 71,69}{3,14 \cdot 3200} = 214,04 \text{ Нм} \quad (3)$$

У той же час, зважаючи на те, що у нового (незношеного) двигуна  $p_c = 2,2$  МПа, з індикаторним тиском  $p_i = 1,0$  МПа, для якого ефективний тиск  $p_e = 0,83$  МПа, його ефективна потужність та крутний момент становлять відповідно,  $N_e = 94,07$  кВт та  $M_{кр} = 280,86$  Нм.

Отже, зниження компресії у циліндрах зношеного двигуна на 18% призводить до падіння його потуж-

ності на 22,38 кВт та крутного моменту на валу на 66,82 Нм.

Динаміку автомобіля характеризує тягова сила на ведучих колесах. Відомо, що  $M_{кр}$  є основним у визначенні розгінного крутного моменту (оскільки значення коефіцієнта пристосування двигуна до зміни кутової швидкості колінчастого валу неістотно – 0,85–0,90), його можна вважати таким  $M_{кр,р}$ , який передається через трансмісію до ведучих коліс автомобіля. Очевидно, що зниження розгінного крутного моменту на валу зношеного двигуна призводить до зниження тягової сили на ведучих колесах яка визначиться за формулою [5]

$$P_{к.зн} = \frac{M_{кр,р} \cdot i_k \cdot i_o}{r_k} \cdot \eta_{тр}, \quad (4)$$

де  $i_k, i_o$  – передатні числа відповідно коробки зміни швидкостей та головної передачі;  $\eta_{тр}$  – ККД трансмісії,  $\eta_{тр} = 0,80–0,95$ ;  $r_k$  – радіус кочення колеса; визначається як добуток коефіцієнта деформації шин на вільний радіус колеса,  $r_k = \lambda_a \cdot r_o$ .

В результаті відповідних порівняльних розрахунків тягової сили на ведучих колесах для автомобілів з новим та зношеним двигуном встановлено, що в останніх вона зменшилася на 5332,75 Н з  $P_k = 22414,79$  Н до  $P_{к.зн} = 17082,04$  Н.

## 5. Висновки

Отримані результати засвідчують, що динамічні характеристики (на прикладі тягової динамічності) автомобіля напряму залежать від технічного стану його двигуна, зокрема від ступеня зносу деталей ЦПГ. Зростання їх зносу супроводжує втрату компресії, зниження індикаторного тиску, потужності двигуна та розгінного моменту автомобіля й, зрештою, тягової сили на ведучих колесах. Очевидно, що останнє впливає не тільки на динаміку руху транспортних потоків на перегонах між перехрестями, але й на тривалість проїзду їх. Цей вплив проявляється особливо у ситуації, коли такий вантажний автомобіль стоїть перед стоп-лінією першим. При рушанні на зелений сигнал світлофора, через погіршену тягову динаміку він сповільнюватиме проїзд перехрестя іншими учасниками транспортного потоку. Отже, у розрахунках тривалості світлофорних циклів потрібно враховувати не лише коефіцієнти зведення різних видів транспортних засобів до легкового автомобіля за динамічним габаритом, але й за динамічними характеристиками, які пов'язані з термінами служби їх (особливо вантажних автомобілів, автобусів), ріст яких знижує динаміку проїзду перехресть. Доречно додати до цього, що на динаміку проїзду також має вплив поздовжня рівність їх покриття.

## Література

1. Семенов, В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса [Текст] / В. В. Семенов. Препринт №34 Ин-та прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН. – М, 2004. – 280 с.
2. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]: учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 255 с.
3. Левашев, А. Г. Проектирование регулируемых пересечений [Текст]: учебное пособие / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Иркутск: ИргТУ, 2007. – 208 с.
4. Врубель, Ю. А. Потери в дорожном движении [Текст] / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.
5. Гришкевич, А. И. Автомобили: Теория [Текст] / А. И. Гришкевич. – Минск: Высшая школа, 1986. – 208 с.